

第V部門

プレキャストコンクリート (6) / 連続繊維補強コンクリート (構造)

2023年9月15日(金) 09:30 ~ 10:50 V-10 (広島大 東広島キャンパス総合科学部講義棟 K 2 1 1)

[V-441] 組紐型 AFRP補強 PVA – FRCC梁部材の構造性能 その2 ひび割れ幅および曲げ強度の評価

Structural Performance of Braided AFRP Reinforced PVA-FRCC Beams Part 2: Evaluation of Crack Width and Bending Capacity

*高砂 柊伍¹、金久保 利之¹、佐々木 秀人¹ (1. 筑波大学)

*Shugo Takasago¹, Kanakubo Toshiyuki¹, Sasaki Hideto¹ (1. University of Tsukuba)

キーワード：FRCC、アラミドFRP、PVA、ひび割れ幅、曲げ試験、断面解析

FRCC, AFRP, PVA, crack width, bending test, section analysis

その2では、その1で述べた組紐型アラミド FRP 補強 PVA – FRCC 梁部材の4点曲げ荷重の実験結果について、既往の研究によるひび割れ幅算定式の適合性および断面解析による曲げ強度の評価を行った。実験により得られた補強筋ひずみ – ひび割れ幅関係は、既往の研究によるひび割れ幅算定式と適合した。繊維体積混入率2%の試験体における繰返し加力の影響もみられなかった。FRCC の引張側応力 – ひずみ関係に PVA繊維の繊維架橋モデル、圧縮側に Popovics モデルを用いた断面解析により得られた最大曲げモーメントは、実験結果と良い適合性を得た。

組紐型 AFRP 補強 PVA-FRCC 梁部材の構造性能

その2 ひび割れ幅および曲げ強度の評価

筑波大学大学院 学生会員 ○高砂 柗伍 筑波大学 正会員 金久保 利之
筑波大学 学生会員 佐々木 秀人

1. はじめに

その2では、その1で述べた FRP 補強 FRCC 梁部材の曲げ載荷実験の結果について、既往の研究によるひび割れ幅算定式¹⁾の適合性および断面解析による曲げ強度の評価を行った。

2. ひび割れ幅算定式と実験結果の適合性

既往研究¹⁾で提案されたひび割れ幅算定式は、補強筋と FRCC 間の付着構成則、FRCC における繊維架橋則および FRCC のひび割れ発生条件から、補強筋ひずみとひび割れ幅の関係を示す式(1)で与える。

$$\varepsilon_s = \frac{\varphi_s}{A_c(\sigma_{cr} - \sigma_{br}(w_{cr}))} \int_0^{s_l} \tau_x ds_x + \frac{1+np}{2npE_c} \{\sigma_{cr} + \sigma_{br}(w_{cr})\} \quad (1)$$

ここで、 ε_s :補強筋ひずみ、 φ_s :補強筋周長、 σ_{cr} :FRCC ひび割れ強度、 w_{cr} :ひび割れ幅、 $\sigma_{br}(w_{cr})$:繊維架橋応力、 n :弾性係数比(= E_s/E_c)、 p :補強筋比(= A_s/A_c)、 E_s :補強筋弾性係数、 E_c :FRCC 弾性係数、 A_s :補強筋断面積、 A_c :FRCC 断面積を表す。

式(1)によるひび割れ幅算定に用いた各パラメータの

値を表-1に示す。付着構成則は、同一の材料を用いて行った FRP 補強筋の引抜き試験の結果をモデル化した、図-1に示すトリニアモデルを用いた¹⁾。FRCC の断面積は、図-2に示すように引張側補強筋1本あたりが負担する FRCC の等価断面積とした。FRCC のひび割れ強度は、梁試験体と同一バッチの FRCC に対して行った 100mm×100mm×400mm 角柱試験体の4点曲げ試験において、ひび割れが発生した時の曲げモーメントを断面係数で除して求めた。ひび割れ幅算定式により得られた補強筋ひずみ-ひび割れ幅関係と実験結果を比較して図-3に示す。図中黒線で実験結果を、青線で

表-1 算定式に用いたパラメータ

パラメータ		MT	PVA1%	PVA2%	PVA2%C
組紐型 AFRP 補強筋	A_s (mm ²)	143.6			
	φ_s (mm)	43			
	E_s (GPa)	66			
FRCC	A_c (mm ²)	6000			
	E_c (GPa)	17.4	16.6	15.9	16.4
	σ_{cr} (MPa)	2.82			

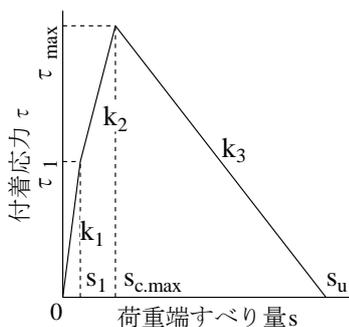


図-1 付着構成則

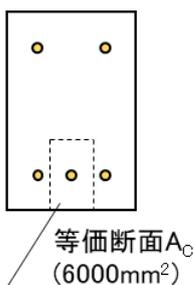


図-2 FRCC 等価断面積

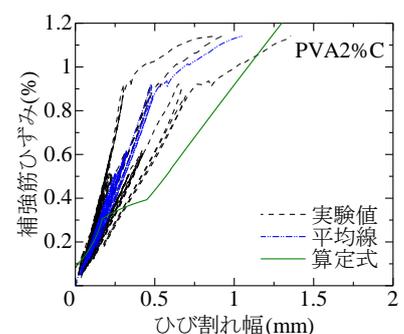
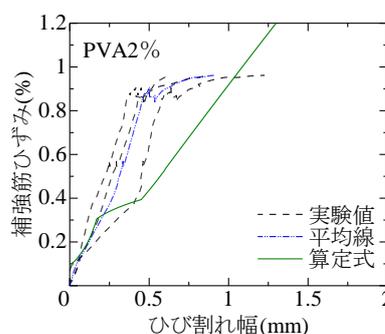
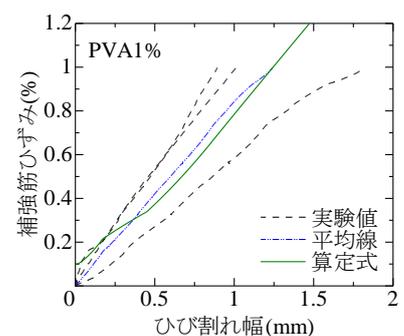
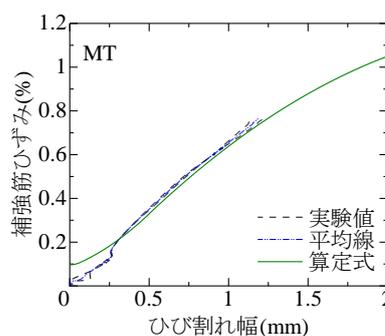


図-3 補強筋ひずみ-ひび割れ幅関係

キーワード アラミド FRP, PVA, ひび割れ幅, 曲げ試験, 断面解析

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学 TEL 029-853-5045

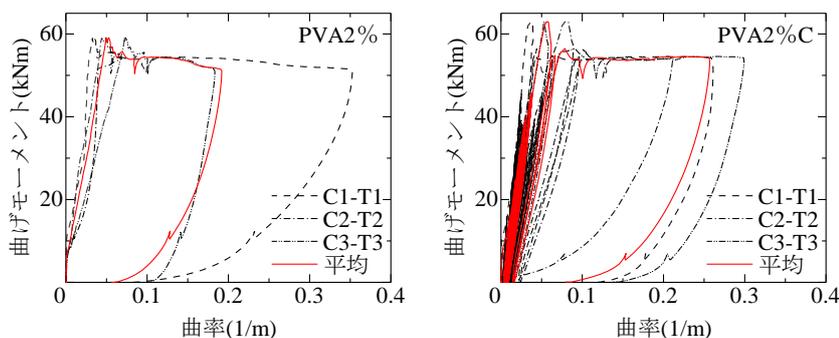


図-4 曲げモーメント-曲率関係

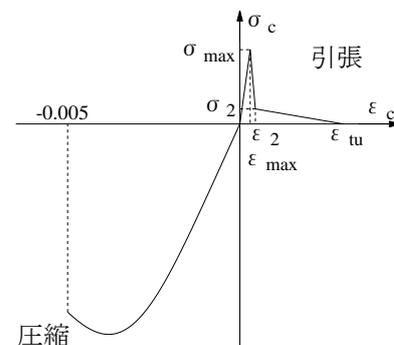


図-5 FRCC 応力-ひずみ関係

その平均線を、緑線で算定式を示している。算定式は生じ得るひび割れの最大値を示したもので、実験による補強筋ひずみ-ひび割れ幅関係は算定されるひび割れ幅より小さくなっており、概ね良い適合性を得た。PVA2%C 試験体における繰返し加力の影響も見られない。

3. 断面解析による曲げ強度の比較

PVA2%およびPVA2%C 試験体を対象として断面解析を行った。PVA2%およびPVA2%C 試験体の曲げモーメント-曲率関係の実験結果を図-4 に示す。曲率は、対応する区間のπ型変位計により得られた軸方向変形により求めた。黒線で各区間の曲率を、赤線でその平均を示す。両試験体は、圧縮側 FRCC の圧壊により最大に達している。

断面解析に使用した FRCC の応力-ひずみ関係を図-5 に、各パラメータの値を表-2 に示す。引張側は、同一の材料および配合による FRCC 架橋モデルをもとに、繊維の配向性および FRCC 試験体の寸法効果を考慮したトリリニアモデル²⁾とした。圧縮側は式(2)に示す Popovics モデル³⁾とした。

$$\frac{\sigma_c}{k_1 f_c} = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \cdot \frac{n}{(n-1) + (\varepsilon_c/\varepsilon_0)^n} \quad (2)$$

ここで、 f_c : FRCC 圧縮強度 (MPa), ε_0 : FRCC 圧縮強度時のひずみ, n : 曲線の形状を示す定数である。圧縮強度, 圧縮強度時のひずみ, 終局ひずみおよび定数 n は、φ100mm×200mm 円柱供試体の圧縮強度試験より決定した。なお、定数 n は、終局ひずみ-0.005 までのひずみエネルギーが等価となるように決定した。また、圧縮強度には低減係数 k_1 を乗じた。

断面解析および実験により得られた最大曲げモーメントを表-3 に示す。解析値は実験値と良い適合性を得た。

表-2 解析に用いたパラメータ

パラメータ	PVA2%	PVA2%C
σ_{max} (MPa)		1.52
ε_{max}		0.00121
σ_2 (MPa)		0.307
ε_2		0.00321
ε_{tu}		0.0429
f_c (MPa)	-41.2	-47.0
ε_0	-0.00381	-0.00424
k_1		0.85
n	3.68	3.66

表-3 最大曲げモーメントの比較

試験体名	最大曲げモーメント M_{max} (kNm)		
	実験値	解析値	実験値/解析値
PVA2%	59.1	66.8	0.88
PVA2%C	63.0	70.7	0.89

4. まとめ

- (1) 実験により得られた補強筋ひずみ-ひび割れ幅関係は、既往の研究によるひび割れ幅算定式と適合した。
- (2) FRCC の引張側応力-ひずみ関係に繊維架橋モデル、圧縮側に Popovics モデルを用いた断面解析により得られた最大曲げモーメントは、実験結果と良い適合性を得た。

参考文献

- 1) 高砂稔伍, 金久保利之, 小林寛弥: 組紐型アラミド FRP 補強 DFRCC 部材のひび割れ幅評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No.2, pp.739~744, 2022.7
- 2) 大圖友梨子, 渡邊啓介, 八十島章, 金久保利之: 架橋則に基づく DFRCC の曲げ性状における寸法効果の評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.2, pp.1321~1326, 2016.7
- 3) Popovics, S., A Numerical Approach to the Complete Stress-Strain Curve of Concrete, Cement and Concrete Research, Vol. 3, pp.583-599, 1973